

**Der Einfluß der sogenannten Kreislauftrainingskur
auf die Elastizität der Gefäße und den peripheren
Widerstand beim alternden Menschen**

von

Hans-Heinrich Lauterbach

aus

Bayreuth



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548617_0072

Aus der Medizinischen Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. C. Korth

Der Einfluß der sogenannten Kreislauftrainingskur auf die Elastizität der Gefäße und den peripheren Widerstand beim alternden Menschen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Hans-Heinrich Lauterbach

aus

Bayreuth

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. G. Koch

Referent: Priv.-Doz. Dr. E. Lang

Korreferent: Prof. Dr. C. Korth

Tag der mündlichen Prüfung: 8.2.1972

Sehr herzlich danken wir
Herrn Priv. Doz. Dr. med. E. Lang
für die Anregung und Betreuung dieser Arbeit,
Herrn Dr. med. W. Haas
für die Hilfe bei den Computer-Arbeiten
(beide Medizinische Poliklinik der Friedrich-
Alexander-Universität Erlangen - Nürnberg)

G L I E D E R U N G

A) Einleitung

B) Begriffsklärung

1. Die Pulswellengeschwindigkeit
2. Der periphere Gesamtwiderstand, der elastische Widerstand und der Dämpfungsfaktor
3. Die Wirkung des Trainings auf die Elastizität der Gefäße und den peripheren Gesamtwiderstand

C) Methodik

1. Beschreibung der Probanden
2. Beschreibung des Trainingsprogramms
3. Beschreibung des Untersuchungsgangs
4. Beschreibung des Messverfahrens
5. Statistik

D) Ergebnisse

1. Der Einfluss auf die Pulswellengeschwindigkeit
2. Der Einfluss auf den elastischen Widerstand
3. Der Einfluss auf den peripheren Gesamtwiderstand und den Dämpfungsfaktor

E) Zusammenfassung

F) Tabellen, Mittelwert- und Trendkurven

G) Literaturverzeichnis

A) E I N L E I T U N G

Die aktive körperliche Betätigung als Prophylaxe und Therapie der Herz- und Kreislauferkrankungen steht nach wie vor im Mittelpunkt der Diskussion. Kritik musste sie sich vorallem hinsichtlich der Beeinflussung der sogenannten Koronarrisikofaktoren gefallen lassen. Jedoch besteht kein Zweifel an der günstigen Wirkung des körperlichen Trainings auf die Leistungsfähigkeit von Herz und Kreislauf. Auf der Erkenntnis, dass körperliche Aktivität die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit in hohem Masse verbessern kann (HOLLMANN), beruhen die sogenannten Herz- und Kreislauftrainingskuren, welche die Kuranwendung im Herzbad von gestern abzulösen beginnen. Es stellt sich nun die Frage, ob es tatsächlich möglich ist, durch eine Kreislauftrainingskur die Leistungsfähigkeit des Kreislaufs zu verbessern; denn diese Kur besteht nicht nur aus dynamischem Ausdauertraining, das nach HOLLMANN allein eine Beeinflussung der körperlichen Leistungsfähigkeit verspricht, sondern aus einer Vielzahl differenter und indifferenter Faktoren.

Die Aufgabe dieser Untersuchung ist es festzustellen, ob auch diese Kreislauftrainingskur die günstigen, für das Herz bereits beschriebenen, Einflüsse auf den peripheren Kreislauf erkennen lässt. Insbesondere interessierte uns, wie sich der periphere Widerstand, der elastische Widerstand und die Pulswellengeschwindigkeit unter dem Einfluss dieser Kreislauftrainingskuren verhalten.

B) B E G R I F F S K L Ä R U N G

1. Die Pulswellengeschwindigkeit

Das Blutgefäßsystem entspricht einem elastischen Schlauchsystem, das mit einer Flüssigkeit (Blut) gefüllt ist. Das Herz pumpt in den Anfangsteil des Gefäßsystems, die Aorta, eine zusätzliche Menge an Blut. Diese verteilt sich nicht augenblicklich über das gesamte System, sondern es kommt zu einem lokalen Druckanstieg bzw. zu einer lokalen Dehnung des ersten Gefäßabschnitts. Dadurch wird Blut gespeichert. Infolge des aufgetretenen Druckgefälles wird das gespeicherte Blut in den nächsten Gefäßabschnitt weitergeschoben. Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch. Die durch Druck- und Volumenschwankungen am Anfang des Systems erzeugten Wellen pflanzen sich im Gefäßsystem nach den Gesetzen der Wellenlehre fort. Die Geschwindigkeit ihrer Ausbreitung heisst Pulswellengeschwindigkeit.

Sie hängt von den im Herz erzeugten und durch das Gefäßsystem zugelassenen Druck- und Volumenschwankungen und von der Viskosität des Blutes ab, das sich in den Gefäßen befindet. Für die Druck-Volumenbeziehung $\frac{dp}{dV}$. V führte FRANK den Volumenelastizitätskoeffizienten κ ein.

$$\kappa = \frac{dp}{dV} \cdot V$$

Daraus ergibt sich die vereinfachte Abhängigkeit der Pulswellengeschwindigkeit c vom Volumenelastizitätsmodul der Gefäße κ und der Viskosität des Blutes .

$$c = \frac{\kappa}{\rho}$$

Da κ ja von den Blutdruckwerten und von der relativen Volumenänderung in den Gefässen abhängig ist, erkennen wir den Zusammenhang der Pulswellengeschwindigkeit mit dem Blutdruck und dem peripheren Gesamtwiderstand.

Für unsere Berechnung genügt die einfache Weg - Zeit - Beziehung:

$$c = \frac{ds}{dt}$$

c = Pulswellengeschwindigkeit

ds = zurückgelegter Weg der
Pulswelle

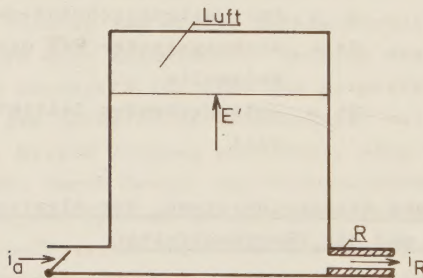
dt = entsprechendes Zeitinter-
vall

2. Der periphere Gesamtwiderstand, der elastische Widerstand und der Dämpfungsfaktor

Zur Definition dieser Begriffe gehen wir ebenfalls auf FRANK und sein "einfaches Windkesselmodell" zurück. (Siehe Textabbildung 1)

Dazu stellen wir uns das Herz entsprechend den Modellen der Textabbildung 1 als einen Behälter mit Zu- und Abfluss vor, der nach einer Seite durch eine elastische Wand geschlossen ist. Im Einflussrohr befindet sich ein Ventil, das in der Systole offensteht, während es in der Diastole geschlossen ist. Das Speichervermögen des Behälters ist von der Elastizität seiner elastischen Wand abhängig. Entsprechend gross ist dann die Kapazität des Windkessels bzw. - besser - ihr reziproker Wert, die Volumenelastizität E' des Gefässes. Der Ausfluss geschieht gegen den Widerstand R .

Wenn man das Arteriensystem unter dem Gesichtspunkt des einfachen FRANK'schen Windkesselmodells betrachtet, so stellen die gesamten Arterienwände den elastischen Widerstand E' des Systems dar, während der Abflusswiderstand R des Modells dem peripheren Widerstand W des Arteriensystems entspricht.



Textabb. 1, das Modell des FRANK'schen Windkessels (Abb. nach WETTERER, Grundlagen der Dynamik des Arterienpulses, Berlin 1968)

Wie der periphere Widerstand in unserem Modell also vom Durchmesser des Abflussrohres abhängig ist, so ändert er sich im Gefäßsystem mit dem durch die jeweils geöffneten Arteriolen gegebenen Gesamtquerschnitt der peripheren Gefäße.

Der Dämpfungsfaktor ist eine rein rechnerische Grösse und stellt den Quotienten aus dem peripheren Gesamtwiderstand und dem elastischen Widerstand dar.

Es soll noch erwähnt werden, dass der elastische und der periphere Widerstand genau genommen nicht konstant sind (SINN). Sie unterliegen einer gewissen Veränderung im Verlauf der Pulsperiode. Doch gestatten die Untersuchungen SINNs beim einfachen Windkesselmodell eine Konstanz anzunehmen. Für die vorliegenden Untersuchungen spielt dies allerdings keine Rolle, da sie intraindividuell durchgeführt wurden.

Die Pulswellengeschwindigkeit gilt ebenso wie der elastische Widerstand als Kriterium für die Elastizität der Gefässe. Dieser Zusammenhang wurde von MÖNS, MÜLLER und WEZLER folgendermassen formuliert:

$$E' = c^2 \cdot R \cdot \text{konst.}$$

wobei:
$$R = \frac{r_a^2 - r_i^2}{r_a^2}$$

konst. = 310

E' = elastischer Widerstand

c = Pulswellengeschwindigkeit

r_a = äusserer Radius

r_i = innerer Radius

3. Die Wirkung des Trainings auf die Elastizität der Gefäße und den peripheren Gesamtwiderstand

Das Bruttokriterium der Leistungsfähigkeit des Gesamtkreislaufs, der Stoffwechselforgänge und der Atmung ist das maximale Sauerstoffaufnahmevolumen. Die Leistungsfähigkeit des peripheren Kreislaufs ist durch eine erhöhte AV-Differenz mit verminderter peripherer Durchblutung gekennzeichnet, d. h. der periphere Widerstand steigt beim Trainierten an.

Die geringere Durchblutungsnotwendigkeit führt mit sinkendem Schlag- und Minutenvolumen zu verminderter Belastung des Herzens. Dadurch wird der Ruhebedarf des Herzens an Energie vermindert. Die Entlastung des Kreislaufs zeigt sich in den niedrigeren Werten des elastischen Widerstandes, d. h. in der höheren Effektivität des arteriellen Windkessels. Dieser vermag dem Abfall des diastolischen Blutdrucks wirksamer zu begegnen, so dass das Herz zum Wiedererreichen des notwendigen systolischen Drucks ein erhebliches Mass an Beschleunigungsarbeit spart.

C) M E T H O D I K

1. Beschreibung der Probanden

Unsere Untersuchungen wurden an 60 Personen durchgeführt. Es handelte sich durchwegs um Angestellte eines Industriekonzerens, die beruflich keinen grösseren körperlichen Belastungen ausgesetzt sind. Als Kurindikationen galten: uncharakteristische Herzbeschwerden, labile Hypertonie, vegetative Dysregulation, hyperkinetisches Herzsyndrom und "gesund, aber erholungsbedürftig". Alle Personen waren im guten Allgemein- und Ernährungszustand. Die Probanden waren dem Alter nach in eine Junioren- (bis 45 Jahre) und eine Seniorengruppe (ab 45 Jahre) aufgeteilt.

2. Beschreibung des Trainingsprogramms

Das Trainingsprogramm umfasste eine Vielzahl von aktiven sportlichen Betätigungen, wie Morgengymnastik, Schwimmen, Wandern, verschiedene Ballspiele u. a. Zusätzlich war eine Teilnahme an Atemschulungsmassnahmen, autogenem Training und balneologisch-physikalischer Therapie möglich. Es handelte sich durchwegs um schonende Übungen, welche die Pulsfrequenz im allgemeinen nicht über 130/min. steigen liessen (HAAS; persönliche Mitteilung). Das Trainingsprogramm war bei der jüngeren Gruppe und der älteren Gruppe dem Alter angepasst.

3. Beschreibung des Untersuchungsgangs

Die Probanden fanden sich ca 10 Minuten vor Beginn der Untersuchungen in unserem extraklinischen

Labor ein. Nach dieser Ruhezeit wurden die Carotis- und Femoralispulskurve und das EKG, sowie die Herzschallkurve in zwei verschiedenen Frequenzabstimmungen synchron geschrieben. Wir benutzten einen Sechsfachschreiber der Firma Siemens "Cardirex". Die Pulskurven wurden mit Kondensatorgebern nach BOUCKE und BRECHT abgenommen. Unmittelbar anschliessend - bei noch belassenen Rezeptoren - wurde der Blutdruck nach RIVA - ROCCI gemessen. Die Pulslaufstrecke wurde in der von FRANK angegebenen Weise bestimmt. Es wurde darauf geachtet, dass die Anfangs- und Schlussmessungen von den gleichen Untersuchern vorgenommen wurden.

4. Beschreibung des Messverfahrens

Für die Berechnung der Pulswellengeschwindigkeit waren als Messgrössen die Pulslaufstrecke Δs und der Wert Δt der zeitlichen Differenz der Carotis- und Femoralispulskurve nötig. Δs wurde am Patienten direkt gemessen, während wir Δt in der von FRANK angegebenen Weise aus jeweils drei Pulskurven ausgemessen und Mittelwerte gebildet haben. Die Pulswellengeschwindigkeit stellt sich dann als Quotient dieser beiden Grössen dar:

$$c = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Die Berechnung des elastischen und des peripheren Widerstands verlangte von uns zusätzlich folgende Messgrössen: diastolische Blutdruckwerte, Pulsperiodendauer T, Diastolendauer D, Gesamtsystole (A + S), Austreibungszeit S und den Aortenquerschnitt Q, den wir den Tabellen von SUTER entnahmen.

Zu ihrer Bestimmung werteten wir die Kurven von jeweils 10 Herzaktionen aus und bildeten Mittelwerte.

Die Berechnung erfolgte mit Hilfe der folgenden Formeln:

$$E' = \frac{2 \cdot \rho \cdot c}{Q \cdot S}$$

$$W = \frac{1,33 \cdot p_m \cdot T}{V_s}$$

wobei: $p_m = p_{\text{diast.}} + 0,43 \cdot \Delta p$

$$V_s = \frac{Q \cdot \Delta p \cdot 1,33 \cdot S \cdot T}{E' \cdot (D + A)}$$

$$A = (A + S) - S$$

E'	= elastischer Widerstand
ρ	= Viskosität des Blutes
c	= Pulswellengeschwindigkeit
Q	= Aortenquerschnitt
S	= Austreibungszeit
W	= peripherer Gesamtwiderstand
p_m	= arterieller Mitteldruck
$p_{\text{diast.}}$	= diastolischer Blutdruck
T	= Pulsperiodendauer
V_s	= Schlagvolumen
Δp	= Blutdruckamplitude
D	= Diastolendauer
A	= Anspannungszeit

5. Statistik

Die Berechnungen und die statistische Auswertung erfolgten im Rechenzentrum der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen - Nürnberg mit dem Rechner CD 3300 *). Der sogenannte F-Test wurde in typischer Weise vorgenommen.

*) Die von uns benutzte Rechenanlage CD 3300 der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen - Nürnberg ist eine Leihgabe der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

D) ERGEBNISSE

1. Der Einfluss auf die Pulswellengeschwindigkeit

Die Höhe der Pulswellengeschwindigkeit ist abhängig vom Alter (HALLOCK, KARNBAUM, MELLEROWICZ, SCHIMMLER u. a.) und von der Höhe des arteriellen Blutdrucks (BRÖMSER - RANKE, BLEICHERT - MARTINI, SCHIMMLER u. a.). SCHIMMLER, der auch eine Geschlechtsabhängigkeit der Pulswellengeschwindigkeit fand, gibt für männliche Normotoniker ($103 < p_m < 109$) die in Tabelle 4 aufgeführten Werte an. Mit der Frage, ob die Höhe der Pulswellengeschwindigkeit vom Trainingszustand der untersuchten Personen abhängig ist, befassten sich HEINECKER und MELLEROWICZ - PETERMAN. Letztere verglichen Werte, die sie an trainierten Sportlern gewinnen konnten, mit solchen, die andere Autoren (WEZLER - STANDL, HALLOCK, UDE und STEINMANN) für untrainierte Personen angegeben hatten. Sie fanden bei den Trainierten einen geringeren Altersanstieg der Pulswellengeschwindigkeit. Diese Ergebnisse müssen jedoch vorsichtig beurteilt werden, da bei den Vergleichswerten für die Nicht-Trainierten Blutdruckangaben fehlen. HEINECKER konnte eine Trainingsabhängigkeit der Pulswellengeschwindigkeit nachweisen. Er fand bei 12 leistungsfähigen Ruderern, die er nach der Saisonpause und in der Hochsaison untersuchte, in trainiertem Zustand signifikant verringerte Werte. Bei unseren Messungen lässt sich weder am Anfang noch am Ende der Kur eine sichere Alters- oder Blutdruckabhängigkeit erkennen. Entsprechend den

Befunden der oben erwähnten Autoren finden wir nach der Kreislauftrainingskur in allen Fällen signifikant verkleinerte Werte der Pulswellengeschwindigkeit. Der Mittelwert für das Gesamtkollektiv lag vor der Kur bei 7,8 m/sec., danach signifikant niedriger bei 6,8 m/sec. Signifikant sind die Unterschiede auch in den einzelnen Gruppen. Für die Junioren finden wir vorher 7,5 m/sec., nachher 6,6 m/sec., für die Senioren vor der Kur 8,3 m/sec., danach 7,3 m/sec.

Auffallend ist, dass sich im Verlauf der Kur in beiden Gruppen, bis auf jeweils einen, sämtliche Werte verkleinern. In der Gruppe der Jüngeren verändern sich besonders die hohen Ausgangswerte sehr stark. Werte über 7 m/sec. sinken um durchschnittlich 1 m/sec., während zwei Messungen über 10 m/sec. sich um mehr als 2,5 m/sec. zu Normalwerten entwickeln (7,5 m/sec.; 7,2 m/sec.).

Ähnlich sinken auch einige Werte über 8 m/sec. auffallend stark (Siehe Tab. 2). Bei den Einzelwerten der Senioren ist eine solch eindeutige Tendenz nicht zu erkennen.

Der Erfolg der Trainingskur hinsichtlich der Pulswellengeschwindigkeit ist um so höher zu bewerten, als wir bei der Nachuntersuchung erhöhte Werte des arteriellen Mitteldrucks fanden. Höhere Blutdruckwerte würden bei gleicher Beschaffenheit der Gefäße auch höhere Werte der Pulswellengeschwindigkeit zulassen. Da diese ohne Berücksichtigung des erhöhten Mitteldrucks bereits niedriger liegen, sind die Unterschiede der Gefässwandelastizität vor und nach der Kur relativ grösser, als dies nach

der Signifikanzrechnung durch den Wert T ausgedrückt wird.

In Tab. 4 haben wir die an unseren untrainierten Probanden gemessenen Werte entsprechenden Werten von KARNBAUM und SCHIMMLER, solche unserer trainierten den Ergebnissen von MELLEROWICZ - PETERMAN gegenübergestellt: Bei SCHIMMLER finden wir gegenüber unseren gering, bei KARNBAUM wesentlich erhöhte Mitteldruckwerte. Vom Index der Altersgruppe her erscheint nur die jüngere Gruppe von KARNBAUM nicht ohne weiteres vergleichbar. Unsere Werte der Pulswellengeschwindigkeit sind wenig höher als die KARNBAUMs. Dafür bieten die ebenfalls höheren Mitteldrucke eine Möglichkeit der Erklärung.

Der Vergleich mit SCHIMMLERs Pulswellengeschwindigkeitswerten dagegen bringt in den Gruppen der 30 - 40-Jährigen eine gute Korrelation: Gering erhöhten Blutdruckwerten stehen nur wenig erhöhte Werte der Pulswellengeschwindigkeit gegenüber. Für die 50 - 60-Jährigen war unser Kollektiv zu wenig repräsentativ.

Beim Vergleich mit den Messungen von MELLEROWICZ - PETERMAN an trainierten Versuchspersonen finden wir in unserem Kollektiv erheblich höhere Mitteldruckwerte. Die Werte der Pulswellengeschwindigkeit sind in den Gruppen der 30 - 40-Jährigen und 40 - 50-Jährigen nur gering erhöht, während die Gruppe der 50 - 60-Jährigen einen in beiden Untersuchungen übereinstimmenden Wert aufweist.

Der Vergleich mit KARNBAUM und SCHIMMLER zeigt,

dass der Pulswellengeschwindigkeits-Mittelwert unseres Kollektivs zu Beginn der Kur im Bereich der Norm für untrainierte Personen lag. Es handelte sich also im Durchschnitt nicht um Probanden mit extremen Gefäßeigenschaften. Auffallenderweise jedoch wurde durch die Kur der Mittelwert der Pulswellengeschwindigkeit so verändert, dass er dem von MELLEROWICZs Leistungssportlern vergleichbar wurde.

2. Der Einfluss auf den elastischen Widerstand

MELLEROWICZ findet bei Langstreckenläufern erheblich niedrigere Werte für den elastischen Widerstand im Vergleich zu Untrainierten und auch im Vergleich zu Sportlern anderer Disziplinen. HEINECKER kann in der oben bereits erwähnten Arbeit bei trainierten und untrainierten Ruderern keine signifikanten Unterschiede nachweisen. Wenn nun als Folge der Kreislauftrainingskur Veränderungen auftreten sollten, würden wir nach MELLEROWICZ niedrigere Werte für den elastischen Widerstand erwarten. Tatsächlich beobachten wir in allen Gruppen signifikant verminderte Werte des elastischen Widerstands: Im Gesamtkollektiv fällt der Mittelwert von 1299 dyn/cm^5 auf 1096 dyn/cm^5 ; In den Altersgruppen finden wir gering verschiedene Werte: Bei den Senioren sinkt der Wert von 1204 dyn/cm^5 vor der Kur auf 1063 dyn/cm^5 nach der Kur, bei den Junioren von 1256 dyn/cm^5 auf 1081 dyn/cm^5 . Obwohl der Mittelwert der jüngeren Gruppe etwas höher liegt, lässt sich keine Altersabhängigkeit feststellen. In beiden Gruppen sind Ausreisser zu finden: Von den Junioren sehen wir

bei den Ergebnissen der Nachuntersuchung in 3 Fällen nur gering höhere Werte; In der Seniorengruppe vergrössern sich die Werte von 2 Probanden, und zwar auffälliger als in der Gruppe der Junioren. Es fällt ein Patient mit der grössten Steigerung auf, der sich bereits bezüglich der Pulswellengeschwindigkeit nicht normgerecht verhielt. Das ist für uns lediglich ein Zeichen, dass hier kein Messfehler vorliegt. Warum sich für diesen Patienten die Kur als nicht erfolgreich im Hinblick auf die bearbeitenden Werte erweist, kann von uns nicht geklärt werden. Auch lässt sich in allen anderen Fällen keine Regelmässigkeit der "Vor- Nach- Differenz" zum Wert der Erstuntersuchung herstellen. Wir können also nicht voraussagen, für welche zukünftigen Patienten sich die Kur als besonders nutzvoll erweisen wird.

3., Der Einfluss auf den peripheren Gesamtwiderstand und den Dämpfungsfaktor

KARNBAUM findet bei Messungen an 25 Normotonikern, dass der periphere Gesamtwiderstand mit steigendem Alter gering zurück geht. Für 27-Jährige gibt er einen statistischen Wert von $1939 \text{ dyn/sec. cm}^5$ an, der für 49-Jährige auf $1855 \text{ dyn/sec. cm}^5$ sinkt. MELLEROWICZ scheint der periphere Gesamtwiderstand in annähernd proportionaler, der Wert des Dämpfungsfaktors in umgekehrt proportionaler Beziehung zum Trainingszustand seiner Probanden stehen. Bei einem angegebenen Durchschnittswert von $700 \text{ dyn/sec. cm}^5$ für den peripheren Gesamtwider-

stand nennt er für einen Marathonläufer $2432 \text{ dyn/sec. cm}^5$ und einen Dämpfungsfaktor von 0,23.

HEINECKER findet bei Trainierten einen signifikant erhöhten peripheren Gesamtwiderstand und einen ebenfalls signifikant erniedrigten Dämpfungsfaktor.

Signifikant gestiegene Werte am Ende der Trainingskur finden wir auch bei unseren Untersuchungen: Für das Gesamtkollektiv vergrößert sich der Wert des peripheren Gesamtwiderstandes von $1543 \text{ dyn/sec. cm}^5$ auf $1706 \text{ dyn/sec. cm}^5$. Dieser Unterschied ist auch in den Einzelgruppen signifikant: Der Mittelwert der Junioren liegt vorher bei $1528 \text{ dyn/sec. cm}^5$, nachher bei $1687 \text{ dyn/sec. cm}^5$, bei den Senioren steigt er von $1570 \text{ dyn/sec. cm}^5$ auf $1741 \text{ dyn/sec. cm}^5$ an. Eine Altersabhängigkeit ist nicht nachweisbar.

Während sich bei den Vergleichen der Pulswellengeschwindigkeit und des elastischen Widerstandes nie mehr als 10 % der Werte entgegen der allgemeinen Tendenz verhielten, ist dieser Prozentsatz beim peripheren Gesamtwiderstand wesentlich grösser. Von den 56 ausgewerteten Probanden sinken die Werte für den peripheren Gesamtwiderstand im Verlauf der Kur bei 17 Personen, das sind etwa 30 %. Gemeinsamkeiten sind bei ihnen keine zu finden. Die Werte sinken z. T. erheblich, bei 10 Probanden zwischen 400 und $800 \text{ dyn/sec. cm}^5$. Von den steigenden Werten tun dies 21 in der Grössenordnung von 100 - $500 \text{ dyn/sec. cm}^5$.

Der Dämpfungsfaktor des Gesamtkollektivs sinkt signifikant von 0,89 auf 0,69; Ebenso der Wert der Juniorengruppe von 0,84 auf 0,67 und der Wert der Seniorengruppe von 0,87 auf 0,70. Diese Ergebnisse entsprechen der Behauptung MELLERO-WICZS bezüglich kleinerer Werte für den Dämpfungsfaktor in trainiertem Zustand.

Unter der Wirkung einer Herz- und Kreislauftrainingskur lassen sich die Parameter der Gefäßelastizität und in den meisten Fällen auch des peripheren Gesamtwiderstandes günstig beeinflussen. Alle Mittelwerte haben sich signifikant verändert.

Für die Teilnehmer ist die Verbesserung der Kreislaufverhältnisse durch die Kur allerdings nur von kurzer Dauer, wenn sie nicht Konsequenzen für das Alltagsleben ziehen. Sie können sich den erreichten Effekt allein durch weiter regelmässig betriebenes Kreislauftraining erhalten. Die Kur kann nur Anregung und Zwischenstation für ein körperlich aktives Leben sein.

E) Z U S A M M E N F A S S U N G

An 58 Angestellten eines Industriekonzerns wurde der Einfluss einer Herz- und Kreislauftrainingskur auf die Elastizität der Gefäße und den peripheren Gesamtwiderstand geprüft. Im einzelnen wurden am Anfang und Ende der Kur die Werte der Pulswellengeschwindigkeit, des elastischen Widerstandes, des peripheren Gesamtwiderstandes und des Dämpfungsfaktors bestimmt. Mittelwerte errechneten wir für das Gesamtkollektiv und zwei Altersgruppen (bis 44 und ab 45 Jahre). Als Folge der Kurmassnahmen zeigen sich Kreislaufveränderungen, die auf eine parasympatiktone Kreislaufeinstellung hinweisen:

1. Der Mittelwert der Pulswellengeschwindigkeit sinkt in allen Gruppen signifikant. Nur bei zwei der untersuchten Personen zeigt er leicht steigende Tendenz.
2. In allen errechneten Gruppen fallende Mittelwerte ergeben sich für den elastischen Widerstand.
3. Ebenfalls günstig bewertet werden kann das Ergebnis des peripheren Gesamtwiderstandes: Der Mittelwert steigt im Gesamtkollektiv, sowie in der Junioren- und Seniorengruppe signifikant, obwohl ca 30 % der untersuchten Personen von der allgemeinen Tendenz abweichen.
4. Der Mittelwert des Dämpfungsfaktors ver-

mindert sich in allen Gruppen signifikant.

Die Kreislaufumstellung zeigt sich also in allen bearbeiteten Grössen. Der günstige Einfluss einer Herz- und Kreislauftrainingskur konnte somit nachgewiesen werden.

F) TABELLEN, MITTELWERT -
und TRENDKURVEN

Tab. 1: Mittelwerte, Standardabweichung, Mittelwertfehler- und Signifikanzberechnung der Pulswellengeschwindigkeit, des peripheren Gesamtwiderstandes, des elastischen Widerstandes und des Dämpfungsfaktors der einzelnen Gruppen

Tab. 2: Vergleich der Kreislaufruhewerte der Pulswellengeschwindigkeit, des peripheren Gesamtwiderstandes, des elastischen Widerstandes und des Dämpfungsfaktors vor und nach einer Herz- und Kreislauftrainingskur bei den Junioren

Tab. 3: Vergleich der Kreislaufruhewerte der Pulswellengeschwindigkeit, des peripheren Gesamtwiderstandes, des elastischen Widerstandes und des Dämpfungsfaktors vor und nach einer Herz- und Kreislauftrainingskur bei den Senioren

Tab. 4: Vergleich unserer Werte der Pulswellengeschwindigkeit mit den von MELLEROWICZ bei Trainierten gemessenen Werten und solchen, die von KARNBAUM und SCHIMMLER für untrainierte Versuchspersonen angegeben wurden.

Abb. 1: Veränderung der Pulswellengeschwindigkeit durch eine Herz- und Kreislauftrainingskur

- Abb. 2: Veränderung des elastischen Widerstandes durch eine Herz- und Kreislauftrainingskur
- Abb. 3: Veränderung des peripheren Gesamtwiderstandes durch eine Herz- und Kreislauftrainingskur
- Abb. 4: Veränderung des Mittelwertes der Pulswellengeschwindigkeit der einzelnen Kollektive durch eine Herz- und Kreislauftrainingskur
- Abb. 5: Veränderung des Mittelwertes des elastischen Widerstandes der einzelnen Kollektive durch eine Herz- und Kreislauftrainingskur
- Abb. 6: Veränderung des Mittelwertes des peripheren Gesamtwiderstandes der einzelnen Kollektive durch eine Herz- und Kreislauftrainingskur
- Abb. 7: Veränderung des Mittelwertes des Dämpfungsfaktors der einzelnen Kollektive durch eine Herz- und Kreislauftrainingskur.

	Mittelwert		Standardabw.		Mittelw.fehler		T	p
	vor	nach	vor	nach	vor	nach		
PWG	Ges.	7,834	6,821	1,236	0,028	0,022	112	3,770
	Jun.	7,557	6,561	1,085	0,029	0,019	72	4,715
	Sen.	7,669	6,929	0,721	0,040	0,037	35	3,181
PW	Ges.	1543,073	1706,690	404,320	510,769	8,961	112	1,896
	Jun.	1528,058	1639,393	391,520	454,267	10,582	71	1,123
	Sen.	1570,850	1741,860	436,039	472,574	21,802	38	1,189
EW	Ges.	1299,471	1096,515	318,998	231,151	5,596	112	3,890
	Jun.	1256,897	1081,072	187,403	155,758	5,206	71	4,364
	Sen.	1204,797	1063,247	201,472	188,638	11,193	35	2,207
DF	Ges.	0,894	0,699	0,305	0,244	0,005	112	3,778
	Jun.	0,870	0,705	0,259	0,250	0,007	71	2,774
	Sen.	0,868	0,687	0,221	0,240	0,011	38	2,496

PWG = Pulswellengeschwindigkeit
PW = peripherer Widerstand
EW = elastischer Widerstand
DF = Dämpfungsfaktor

Tab. 1

Pat.	Alter	Pulswellengeschw.		periph. Widerstand		elast. Widerstand		Dämpf. Faktor	
		vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach
ZI.K.	29	6,67	5,05	2488,08	1885,56	1014,01	756,04	0,41	0,45
FU.G.	30	6,67	6,25	1908,98	2196,22	1176,60	1055,10	0,62	0,48
DE.P.	32	7,14	6,80	1657,59	1184,41	1224,75	1204,55	0,74	1,02
BR.M.	33	5,77	5,42	1843,92	1998,73	1055,10	1002,44	0,57	0,50
ZI.K.	35	6,39	6,10	1021,95	1617,94	1068,85	1073,35	1,05	0,66
HO.P.	35	6,57	6,16	1583,17	3400,00	1161,93	1033,74	0,73	0,30
RE.H.	35	7,57	6,81	2251,56	1503,40	1326,01	1140,99	0,59	0,76
JA.M.	36	7,76	6,27	1870,62	2209,43	1218,39	1070,01	0,65	0,48
KN.H.	36	6,16	5,83	1748,97	1961,87	882,29	840,13	0,50	0,43
SC.M.	36	7,26	6,38	1300,01	1878,10	1276,27	1124,84	0,98	0,60
BA.R.	36	7,72	7,83	2009,87	1558,82	1290,10	1446,45	0,64	0,93
SA.H.	37	7,90	6,57	1431,24	2011,46	1432,04	1209,33	1,00	0,60
HA.J.	37	7,07	6,28	1397,03	1829,07	1300,01	1151,37	0,93	0,63
ST.H.	38	7,26	6,29	1169,77	1107,53	1106,03	941,95	0,95	0,85
BS.A.	38	7,41	6,14	1138,35	1371,34	1135,15	1007,49	1,00	0,74
PA.J.	38	6,45	5,67	1256,44	1860,17	1194,12	883,07	0,95	0,48
KO.W.	39	6,91	6,25	1042,95	1636,74	1199,10	949,21	1,15	0,58
KO.O.	39	8,00	6,12	985,79	722,40	1248,53	972,21	1,27	1,35
AD.G.	40	7,26	6,77	1602,92	1989,53	1338,01	1061,91	0,84	0,53
ME.R.	40	6,39	6,00	1413,63	907,25	926,62	933,24	0,66	1,03
FR.H.	40	8,45	7,00	1339,44	1798,31	1324,34	1019,72	0,99	0,57
KU.H.	41	10,95	7,59	1417,42	1768,82	2392,00	1344,71	1,69	0,76
VO.H.	41	8,85	6,29	1843,79	1061,35	1570,94	1057,93	0,85	1,00
WA.F.	41	8,79	7,93	702,13	1089,34	1599,29	1413,99	2,28	1,30
LE.M.	41	8,25	7,46	1133,40	1317,62	1428,16	1277,12	1,26	0,77

Tab. 2

Pat.	Alter	Pulswellengeschw.		periph. Widerstand		elast. Widerstand		Dämpf. Faktor	
		vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach
SC.G.	41	7,54	6,77	1168,22	1333,13	1326,49	1086,45	1,14	0,82
GL.G.	42	8,10	7,58	1623,81	2410,75	1282,52	1187,28	0,79	0,49
DA.H.	42	6,57	6,23	1362,60	1776,12	1175,56	1002,62	0,86	0,57
MI.F.	42	9,43	8,17	1452,97	1258,66	1607,20	1320,92	1,11	1,05
KR.H.	42	7,35	6,57	1202,47	1323,43	1263,02	975,59	1,05	0,74
RI.G.	43	7,46	6,57	1817,48	1293,82	1128,58	1153,75	0,63	0,89
NE.W.	43	7,54	6,43	1316,03	1630,21	1180,29	956,39	0,90	0,59
MI.H.	43	7,67	6,62	1317,74	1464,49	1190,72	987,99	0,90	0,68
TA.H.	43	10,22	7,23	1745,28	1825,15	1678,37	1128,48	0,96	0,62
WO.P.	43	8,14	6,61	1935,27	1391,48	1555,70	1193,58	0,80	0,86
GO.A.	44	6,57	5,84	2165,42	2051,46	1028,55	863,27	0,48	0,42
RE.A.	44	7,39	6,86	1871,84	2994,04	1334,65	1170,46	0,71	0,39

Fortsetzung Tab. 2

Pat.	Alter	Pulswellengeschw.		periph. Widerstand		elast. Widerstand		Dämpf. Faktor	
		vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach
NE.A.	46	8,36	6,87	2185,10	2206,07	1456,58	1285,00	0,67	0,58
BR.J.	46	7,21	6,92	1352,12	1553,35	1288,50	1073,19	0,95	0,69
NE.J.	47	8,09	7,46	1340,75	1176,50	1330,79	1231,77	0,99	1,05
GO.G.	48	7,85	7,35	1527,94	2571,13	1372,88	1194,32	0,90	0,47
ME.R.	48	7,39	7,21	2263,74	1822,98	1090,82	1045,47	0,48	0,57
TI.E.	48	6,85	7,50	1055,42	1793,17	1134,33	1262,21	1,08	0,70
KI.H.	49	13,16	7,62	2159,60	2599,76	2198,17	1060,70	1,02	0,41
JU.E.	49	7,21	6,92	1211,15	1556,71	1034,43	1030,10	0,85	0,66
ME.E.	49	7,93	6,39	1594,46	1638,45	1308,26	941,76	0,82	0,58
SC.H.	49	7,26	6,39	1378,34	1713,05	1142,49	917,15	0,83	0,54
SC.H.	49	6,57	5,49	2029,35	2140,50	960,43	805,24	0,47	0,38
HE.F.	50	7,27	6,03	1050,12	1049,87	1123,86	946,16	1,07	0,90
KA.P.	50	15,71	14,38	2521,00	1962,04	2544,00	2300,10	1,01	1,17
GU.A.	54	7,54	6,13	1372,72	1498,27	1112,61	807,83	0,81	0,54
JO.E.	54	8,18	7,08	1425,13	1062,31	1036,17	1085,29	0,73	1,02
DR.K.	55	9,81	8,55	1518,54	2106,29	1760,33	1563,37	1,16	0,74
HA.E.	55	8,07	7,54	1546,79	1113,93	1278,30	1179,28	0,83	1,06
LO.W.	56	7,59	6,57	932,20	1212,51	1265,16	942,33	1,36	0,78
ST.H.	57	7,76	7,02	1487,33	1949,75	1046,33	931,81	0,70	0,48
RE.K.	58	7,12	6,62	1461,34	2110,57	944,07	898,72	0,65	0,43

Tab. 3

Autor	trainiert?	mittl. Alter	Altersstreuung	p_m bzw. $p_{syst.}/p_{diast.}$	Pulsw.geschw.	n
MELLEROWICZ-PETERMAN	ja	34	30 - 39	119/81	5,84	
eigene Untersuchungen	ja	36	31 - 40	124	6,48	
MELLEROWICZ-PETERMAN	ja	44	40 - 49	119/80	6,31	
eigene Untersuchungen	ja	44	41 - 50	125	6,79	
MELLEROWICZ-PETERMAN	ja	53	50 - 59	123/81	6,74	
eigene Untersuchungen	ja	55	51 - 60	126	6,73	
KARNBAUM	nein	27	20 - 40	93	6,75	
eigene Untersuchungen	nein	38,6	29 - 44	110	7,50	
KARNBAUM	nein	49	41 - 60	95	8,00	
eigene Untersuchungen	nein	50,8	45 - 59	117	8,30	
SCHIMMLER	nein	36,2	30 - 39	103-109	6,92	51
eigene Untersuchungen	nein	36	31 - 40	114	7,52	18
SCHIMMLER	nein	45,8	40 - 49	103-109	7,55	129
eigene Untersuchungen	nein	44	41 - 50	111	7,71	29
SCHIMMLER	nein	54,4	50 - 59	103-109	8,33	229
eigene Untersuchungen	nein	55	51- 60	113	7,31	6

Tab. 4

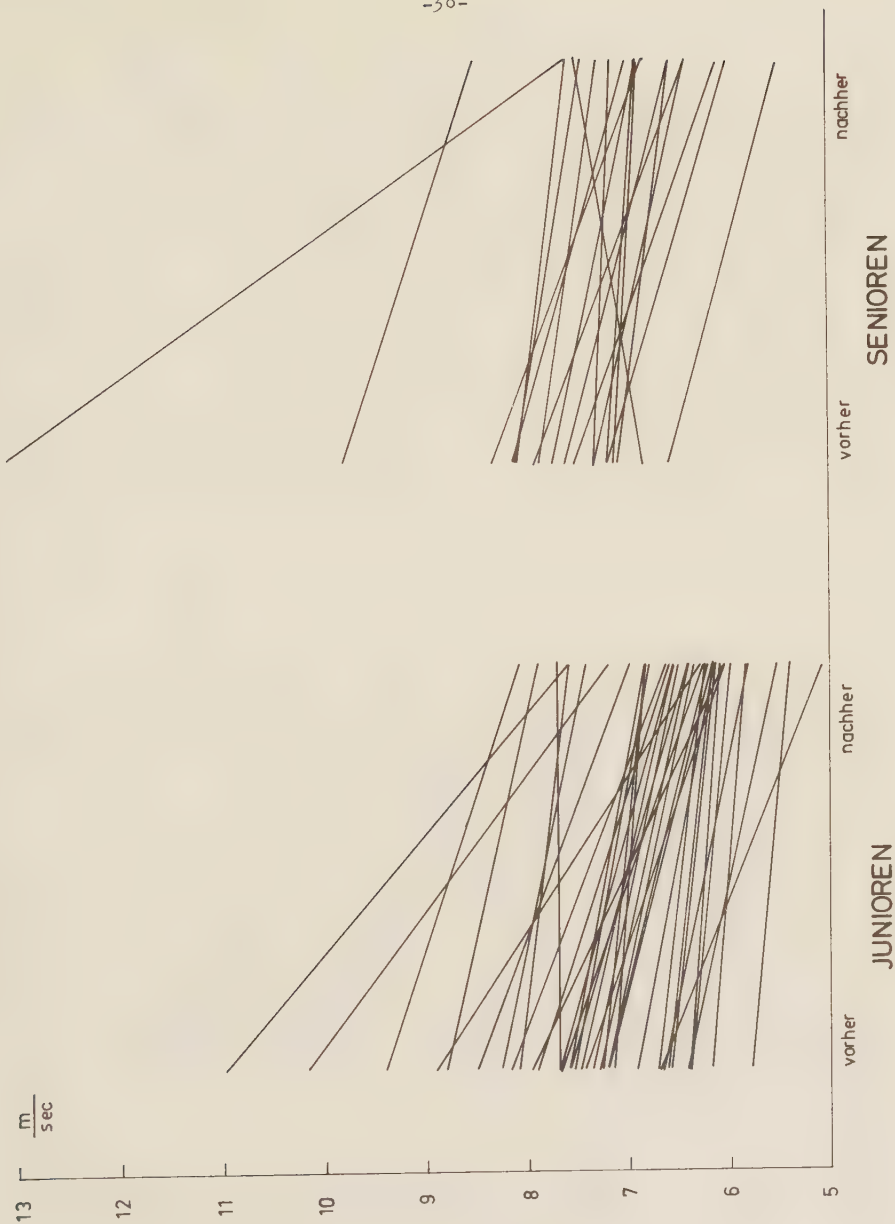


Abb. 1

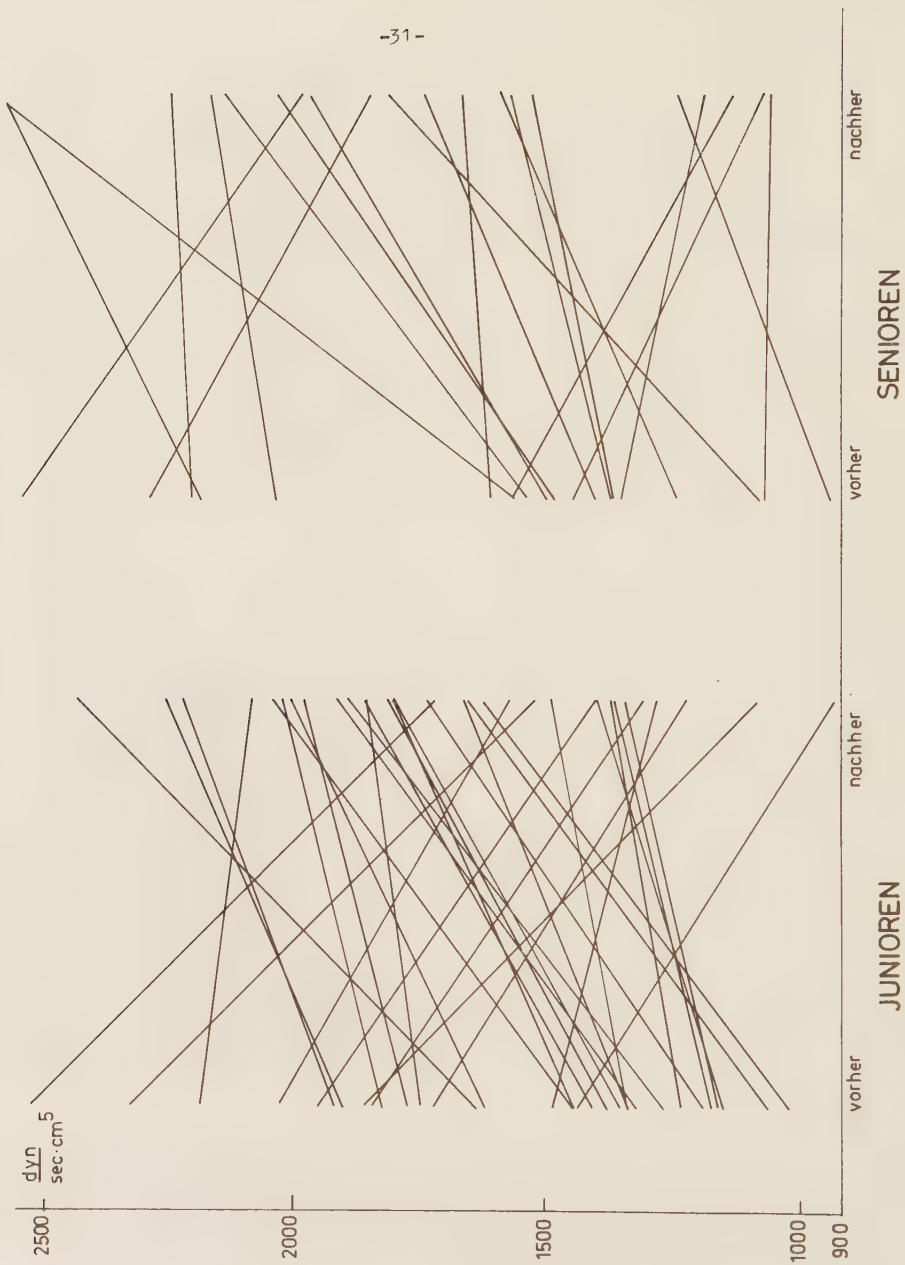


Abb. 2

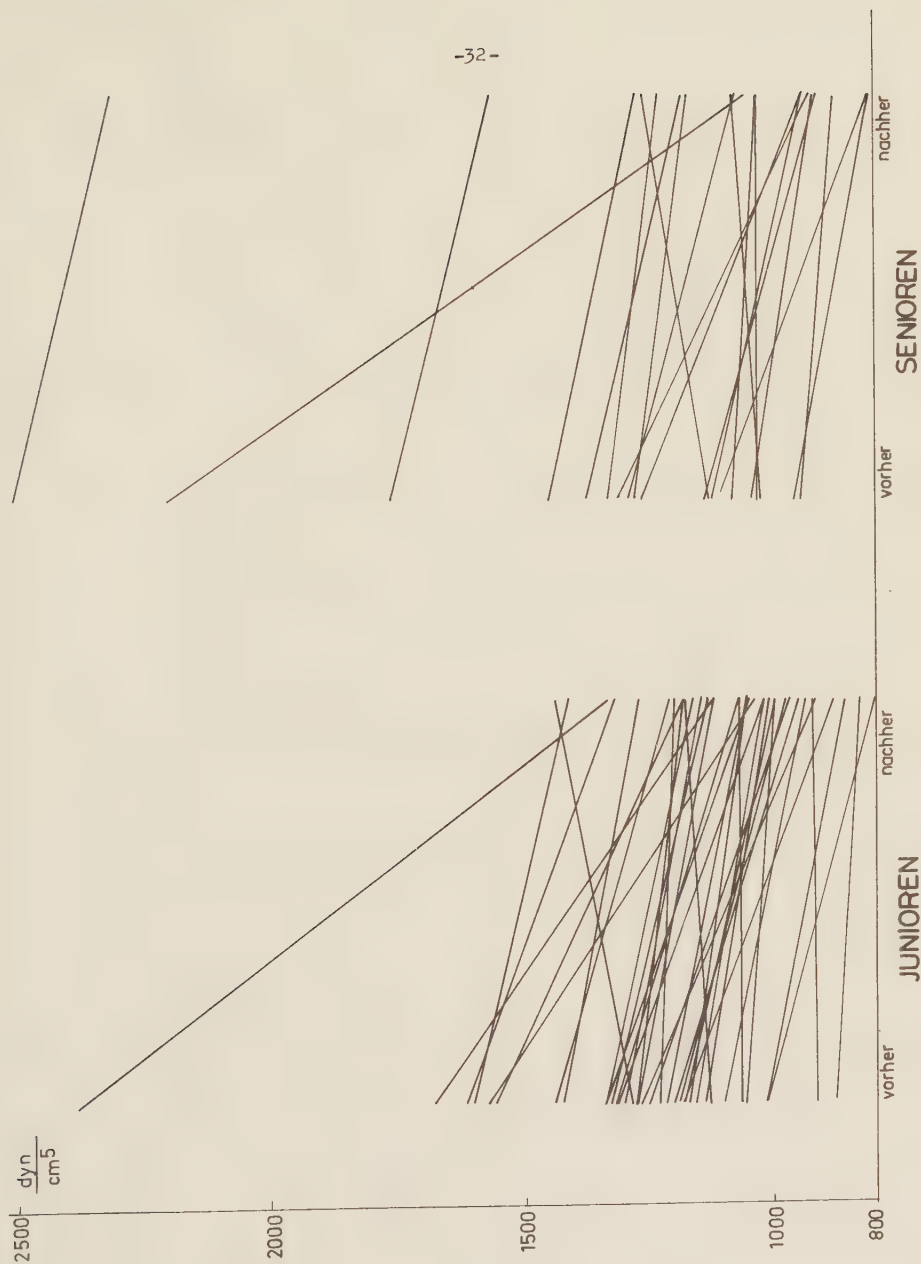


Abb. 3

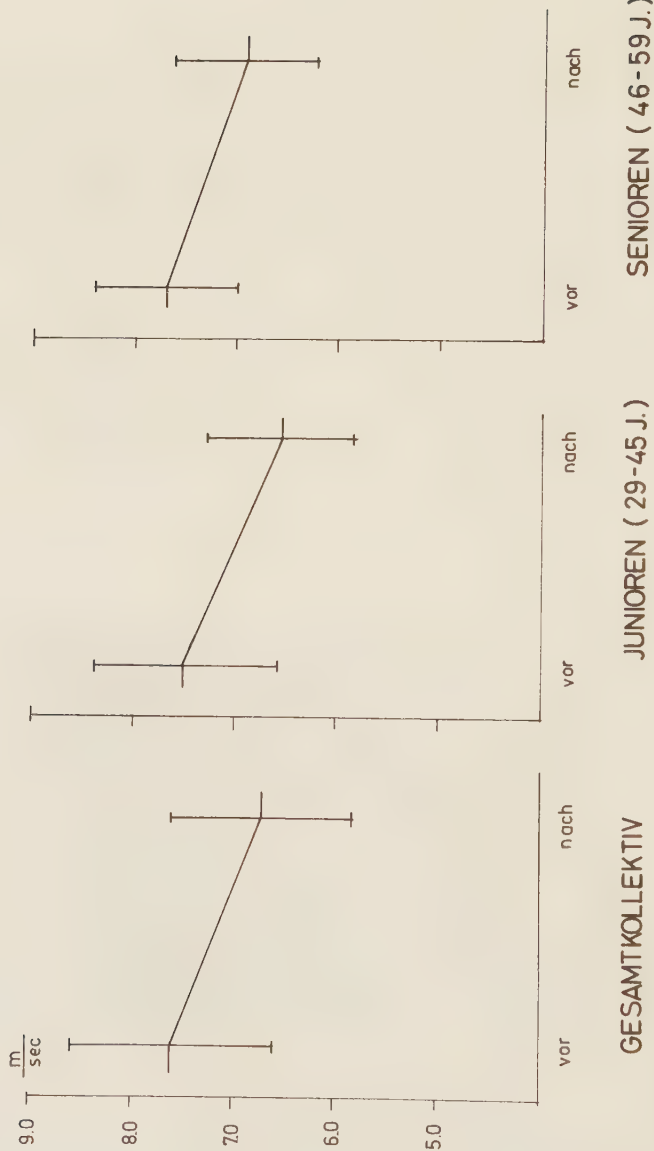


Abb. 4

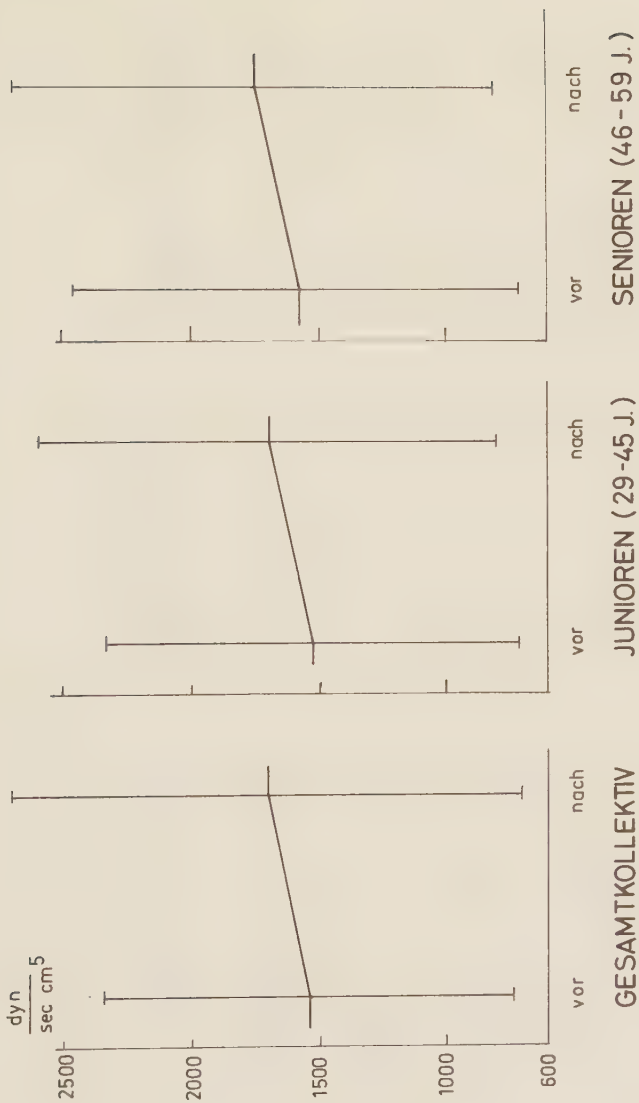
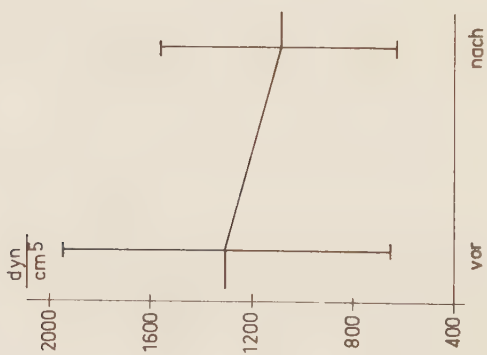
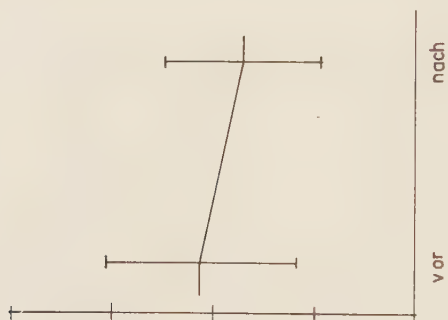


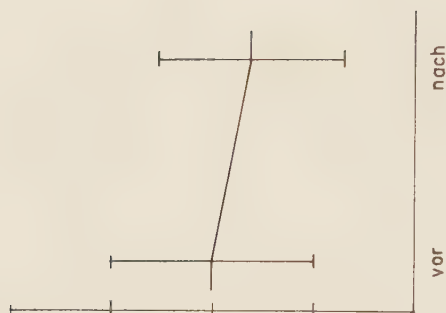
Abb. 5



GESAMTKOLLEKTIV



JUNIOREN (29-45 J.)



SENIOREN (46 - 59 J.)

Abb. 6

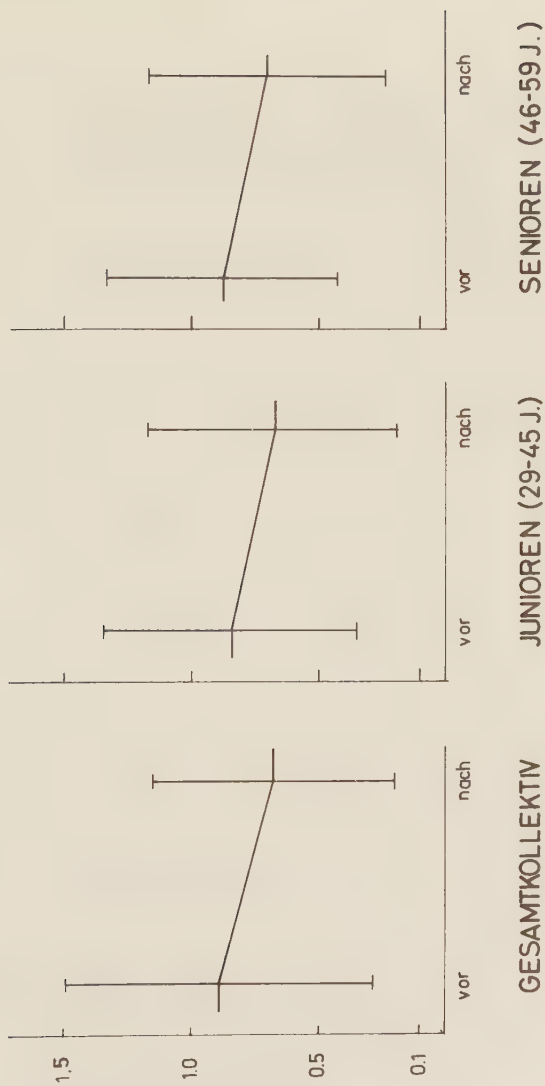


Abb. 7

G) L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- BLEICHERT A., F. MARTINI, Über die Beziehung zwischen Schlauchwellengeschwindigkeit und Innendruck, Z.f.Biol. 104, 337, 1951
- BÖGER A., K. WEZLER, Die Elastizität des arteriellen Windkessels während der verschiedenen Lebensperioden des Menschen, Z.f.K. 28, 553, 1936
- BROEMSER P., O. RANKE, Über die Messung des Schlagvolumens des Herzens auf unblutigem Weg, Z.f.Biol. 90, 467, 1930
- DELIUS L., H. REINDELL, Die Kreislaufregulation und ihre Bedeutung für Leistungsfähigkeit und Lebenserwartung, Z.klin.Med. 143, 29, 1944
- FRANK O., Die Elastizität der Blutgefäße, Z.f.Biol. 71, 255, 1920
- FRANK O., Die Theorie der Pulswellen, Z.f.Biol. 85, 102, 1926
- GOTTSCHALK G., Sport im Alter, in: Medizin und Sport, H6, 165, 1963
- HAAS W., Medizinische Poliklinik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen; persönliche Mitteilung
- HEINECKER R. u. a., Über den Einfluss körperlichen Trainings auf Kreislauf und Atmung, Z.f.K., 49, 913, 1960
- HERZOG F., H. MEURER, Untersuchungen zur klinischen Bewertung der Pulswellengeschwindigkeit, Klin.Wschr. 18, 1150, 1939
- HOLLMANN W., Der Arbeits- und Trainingseinfluss auf Kreislauf und Atmung, Darmstadt 1958

- KAPALL E., Die elastischen Eigenschaften der Aortenwand sowie des elastischen und kollagenen Bindegewebes bei frequenten zyklischen Beanspruchungen, Z.f.Biol. 107, 347, 1954
- KENNER TH., Neue Gesichtspunkte und Experimente zur Beschreibung und Messung der Arterienelastizität, Arch.f.K. 54, 68, 1967
- KLIP W., velocity and damping of the pulsewave "Ovor", 's-Gravenhage Nighoff 1962
- LUDWIG H., Die Pulswellengeschwindigkeit beim Gesunden und Kranken, Z.exper.Med. 99, 352, 1936
- MEINERS S., Messmethoden zur Analyse der Herz- und Kreislaufdynamik in: BLUMBERGER K., A. WEBER, 1. Freiburger Colloquium für Kreislaufmessungen, München 1958
- NÖCKER J., Physiologie der Leibesübungen, Stuttgart 1964
- NÖCKER J., Die biologischen Grundlagen der Leistungssteigerung durch Training in: Beiträge zur Lehre und Forschung der Leibesübungen, Schorndorf/Stuttgart 1960
- MELLEROWICZ H., Vergleichende Untersuchungen über das Ökonomieprinzip in Arbeit und Leistung des trainierten Kreislaufs und seine Bedeutung für die präventive und rehabilitative Medizin, Arch.f.K. 24, 70, 1956
- MELLEROWICZ H., R. Peterman, Untersuchungen über die Pulswellengeschwindigkeit in der Aorta beim Trainierten in verschiedenen Altersstufen, Z.f.K. 45, 716, 1956

- PROKOP L., Sportphysiologie, 1957 Bern, Sport-
medizinische Schriftenreihe Wander
- PROKOP L., L. SLAPAK, Sport und Kreislauf,
Maudrich, Wien 1958
- PROKOP L., Über Trainingsveränderungen am
Kreislauf, Leibesübungen und Leibeserzie-
hung, 7, 1948
- PULS R.J., Pulsewave changes with aging,
J.Amer.Geriat.Soc., Baltimore 15, 153,
Febr. 1967
- ROSKAMM H., H. REINDELL, K. KÖNIG, Körperliche
Aktivität und Herz- und Kreislaufkrankheiten,
München 1966
- SCHIMMLER W., H. SCHWALB, Über die Elastizität
der Aorta bei älteren Sportlern, Z.f.K. 54,
802, 1965
- SCHIMMLER W., Untersuchungen zu Elastizitäts-
problemen der Aorta, Arch.f.K. 47, 189, 1965
- SINN W., Die Elastizität der Arterien und ihre
Bedeutung für die Dynamik des arteriellen
Systems, Mainz 1956
- WAGNER R., E. KAPALL, Über die Eigenschaften des
Aortenwindkessels, Z.f.Biol. 105, 263, 1952
- WEZLER K., R. STANDL, Die Dynamik des arteriel-
len Systems, Ergebn. Physiol. 41, 291, 1939
- WEZLER K., R. STANDL, Die normalen Alterskurven
der Pulswellengeschwindigkeit, Z.f.Biol. 97,
265, 1936
- WETTERER E., Grundlagen der Dynamik des Arterien-
pulses, Berlin 1968

WETTERER E., Die Wirkung der Herztätigkeit
auf die Dynamik des arteriellen Systems,
Verh.deutsch.Ges.Kreisl.Forsch. 22, 782,
1957

UDE H., Beurteilung der Windkesselfunktion
mit Hilfe der Pulswellengeschwindigkeit,
Klin.W.schr. 12, 1484, 1953

ZIPFKE E., H. LOSCH, R. HEINECKER, Über den
Einfluss körperlichen Trainings auf Kreis-
lauf und Atmung, Z.f.K. 49, 913, 1960

LEBENS LAUF

geboren: 11.6.1946 in Bayreuth

Eltern : Hans Lauterbach, Bibliothekar

Lotte Lauterbach, Hausfrau

1961 : Tod meines Vaters

1952-56: Besuch der Volksschule in Bayreuth

1956-65: Besuch des Gymnasium-Christian-Ernestinum
in Bayreuth bis zum Abschluß durch das
Abitur

1965 : Studium der Chemie in Würzburg

1966-71: Studium der Medizin in Erlangen,
Innsbruck und Bern

September 1971 bis Februar 1972:

: Medizinisches Staatsexamen in Erlangen

Hans-Heinrich Lauterbach

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990